

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-149453

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)7月8日

C 22 C 28/00
C 30 B 29/52
H 01 L 35/14

6411-4K
6542-4G
6428-5F

審査請求 未請求 発明の数 3 (全9頁)

⑮ 発明の名称 熱電合金ならびにこれを用いた熱電半導体材料および熱電装置

⑯ 特 願 昭60-276672

⑰ 出 願 昭60(1985)12月9日

優先権主張 ⑱ 1984年12月8日 ⑲ イギリス(GB) ⑳ 8431071

⑳ 発 明 者 ウィリアム ダンカン イギリス国 スコットランド ジー41 5アール・エヌ
アイトーンロード 18
㉑ 発 明 者 アーサー ジェイ バ イギリス国 スコットランド ジー62 6イー・イー グ
ーロウ ラスゴウ ミルンゲビエ オーヘンクルイーブ 5
㉒ 出 願 人 ザ ユニバーシティ イギリス国 スコットランド ジー12 8キュー・キュー
コート オブ ザ ユ グラスゴウ ザ ユニバーシティ (番地なし)
ニバーシティ オブ
グラスゴウ
㉓ 代 理 人 弁理士 芦田 直衛 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

熱電合金ならびにこれを用いた熱電半導体材料および熱電装置

2. 特許請求の範囲

- 1 原子百分率で5～95%のシリコンと、95～5%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛と、0～0.2%のスズとから構成されていることを特徴とする熱電合金。
- 2 シリコンが50～95%、ゲルマニウムが5～50%、鉛が0.01～0.2%である特許請求の範囲第1項記載の熱電合金。
- 3 シリコンが50～95%、ゲルマニウムが5～50%、鉛が0.03～0.1%である特許請求の範囲第1項記載の熱電合金。
- 4 鉛が0.03～0.1%である特許請求の範囲第1項記載の熱電合金。
- 5 シリコンが50～95%、ゲルマニウムが5～50%、鉛が0.01～0.2%、スズが0～0.05%である特許請求の範囲第1項記載の熱電合金。

6 鉛が0.03～0.1%である特許請求の範囲第5項記載の熱電合金。

7 シリコンおよびゲルマニウムを主成分とする熱電合金と、前記熱電合金1cm³当り原子数10¹⁸～10²⁰個の濃度を有するp型またはn型いずれかのドーパ剤とから構成されていることを特徴とする熱電半導体材料。

8 前記ドーパ剤は前記熱電合金1cm³当り原子数10¹⁹～10²⁰個の濃度を有している特許請求の範囲第7項記載の熱電半導体材料。

9 前記ドーパ剤は周期表の第3族の元素から選ばれたp型物質である特許請求の範囲第7項または第8項記載の熱電半導体材料。

10 前記ドーパ剤は周期表の第5族の元素から選ばれたn型物質である特許請求の範囲第7項または第8項記載の熱電半導体材料。

11 前記熱電合金は原子百分率で50～95%のシリコンと、5～50%のゲルマニウムと、0.03～0.1%の鉛と、0～0.05%のスズとから構成され、前記ドーパ剤は前記熱電合金1cm³当り原子数

- 10¹⁹~10²⁰個の濃度を有するp型またはn型いずれかの物質である特許請求の範囲第7項記載の熱電半導体材料。
- 12 シリコンおよびゲルマニウムを主成分とする熱電合金1cm³当り原子数10¹⁸~10²⁰個のp型物質がドーピングされた少なくとも1つのp型半導体(26)と、シリコンおよびゲルマニウムを主成分とする熱電合金1cm³当り原子数10¹⁸~10²⁰個のn型物質がドーピングされた少なくとも1つのn型半導体(24)とを具え、前記p型半導体(26)の一端と前記n型半導体(24)の一端とは電気的に結合されて、第1接点部材(38)を有しかつ熱源(14)に近接して配置可能なp-n結合を形成し、前記p型半導体(26)の他端と前記n型半導体(24)の他端とはそれぞれ接点(18、20)を介して負荷(22)に接続可能となっていて、前記p-n結合に適用される熱エネルギーに応じて前記接点(18、20)間に接続された前記負荷(22)に電力が得られるようになっていことを特徴とする熱電装置。

記載の熱電装置。

- 15 前記p-n結合(39)は複数個設けられ、隣接したp型半導体とn型半導体どうしは電気的に直列に接続され、かつ物理的に並列に配置されていて、p型半導体とn型半導体とのそれぞれ間隔を隔てた他端間に電力が得られるようになっている特許請求の範囲第14項記載の熱電装置。
- 16 熱エネルギー源と前記熱電装置(10)とを具えていて、前記熱エネルギー源(14)からの熱エネルギーが前記熱電装置(10)に適用されると前記接点(18、20)間に電力が発生するようになっている特許請求の範囲第12項記載の熱電エネルギー変換装置。
- 17 前記熱源は燃焼用燃料ガスである特許請求の範囲第16項記載の熱電装置。
- 18 燃焼用燃料ガスとしての熱エネルギー源(14)と前記熱電装置(10)とを具えていて、前記燃焼用燃料ガスが前記熱電装置(10)に熱エネルギーを適用すると、前記熱エネルギーが前記接点(18、20)間に接続された負荷(22)に得られる電力に変換さ

- 13 前記p-n結合(39)は複数個設けられ、隣接したp型半導体とn型半導体どうしは電気的に直列に接続され、かつ物理的に並列に配置されていて、p型半導体とn型半導体とのそれぞれ間隔を隔てた他端間に電力が得られるようになっている特許請求の範囲第12項記載の熱電装置。
- 14 前記少なくとも1つのp型半導体は原子百分率で50~95%のシリコンと、5~50%のゲルマニウムと、0.03~0.1%の鉛と、0~0.05%のスズとからなる熱電合金1cm³当り原子数10¹⁹~10²⁰個のp型物質がドーピングされて構成され、前記p型半導体の一端と前記n型半導体の一端とは電気的に結合されて、第1接点部材(38)を有しかつ熱源(14)に近接して配置可能なp-n結合(39)を形成し、前記p型半導体の他端と前記n型半導体の他端とはそれぞれ接点(18、20)を介して負荷(22)に接続可能となっていて、前記p-n結合(39)に適用される熱エネルギーに応じて前記接点(18、20)間に接続された前記負荷(22)に電力が得られるようになっている特許請求の範囲第12項

れるようになっている特許請求の範囲第15項記載の熱電エネルギー変換装置。

- 19 前記p-n結合をあらかじめ決められた温度に加熱し、前記熱電装置の接点を負荷を介して結合する特許請求の範囲第13項または第15項記載の熱電装置を使って熱エネルギーを電気エネルギーに変換する方法。
- 20 前記あらかじめ決められた温度は最高1000℃である特許請求の範囲第19項記載の方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は合金とくに熱電合金と、これを用いた熱電半導体材料および熱電装置に関するものである。

〔従来の技術〕

一般に、適当な電圧が適用されたとき熱を発生または吸収するか、あるいは加熱されたとき電気を発生する熱電特性を有する合金は既知である。この種の熱電合金としては、出力電力が大きく、かつ熱伝導率が小さいことが必要不可欠である。

したがって、熱電合金は、温度に比例して変化する電圧の大きさであるゼーベック係数が大きく、かつゼーベック係数との組合せで電力が決められる導電率が大きくなければならない。そのため熱電合金は熱損失が最小である必要があり、したがって熱伝導率の小さいものが選ばれる。また熱電合金は、広範囲に適用するのにコストを最小にするため即座に利用可能の材料を使用しなければならない。さらに、熱損失（熱伝導率）に対する出力電力の比で決まる熱電効率は、熱電装置の稼働コストを最小にするためできるだけ高くなければならない。

【発明が解決しようとする問題点】

しかしながら、従来の熱電合金は概して非常に高価なものであった。そのため多くの用途において不経済なものである。また従来の熱電合金は、電気発生効率の限界を決める動作温度の最高値が比較的低い。そのためビスマス—テルル合金のような熱電合金は200℃以上で損傷を受け、また発生電力1ワット当たり100英ポンド単位の買金を必

分率で5～95%のシリコンと、95～5%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛と、0～0.2%のスズとから構成された熱電合金にある。

この発明の好ましい合金は下記の組成を有している。

- (1) 原子百分率で50～95%のシリコンと、5～50%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛。
- (2) 原子百分率で50～95%のシリコンと、5～50%のゲルマニウムと、0.01～0.1%の鉛。
- (3) 原子百分率で50～95%のシリコンと、5～50%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛と、0～0.2%のスズ。
- (4) 原子百分率で50～95%のシリコンと、5～50%のゲルマニウムと、0.03～0.1%の鉛と、0～0.05%のスズ。

望ましくは、この発明の合金は以下に述べるドーピングを行う前において、實質的に純粋であって、不要な不純物の含有量は重量で $1/10^4$ 以下、さらに望ましくは $1/10^6$ 以下である。

上記の合金は、熱電半導体材料を作るために適

要とする。

また、シリコンおよびゲルマニウムにガリウム、ヒ素、スズ、ホウ素等の物質を加えて太陽電池等の用途に使用される合金や、シリコンおよびゲルマニウムにクロム、タングステンを加えて熱電材料として使用される合金も従来から提案されている。しかしながら、これらはいずれも熱電発生器の製造コストを効果的に低減させるとは信じられていないし、また熱電発生器の稼働コストを低減させるとも信じられていない。

この発明は上記従来のもののもつ問題点を解決することを目的とするものである。

【問題点を解決するための手段】

この発明は上記目的を達成するため、シリコンおよびゲルマニウムの合金に少量のスズまたは鉛を加えたものである。加えられるスズまたは鉛の量は1%以下であり、これを加えた結果合金が高い効率と低い稼働コストを有するように添加比率を選定する。

したがって、この発明の1つの特徴は、原子百

分率で5～95%のシリコンと、95～5%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛と、0～0.2%のスズとからなる合金と、前記合金1cm³当たり原子数 10^{18} ～ 10^{20} 個の範囲の濃度を有するドーピング剤とから構成された熱電半導体材料にある。

したがって、この発明の他の特徴は、原子百分率で5～95%のシリコンと、95～5%のゲルマニウムと、0.01～0.2%の鉛と、0～0.2%のスズとからなる合金と、前記合金1cm³当たり原子数 10^{18} ～ 10^{20} 個の範囲の濃度を有するドーピング剤とから構成された熱電半導体材料にある。

ドーピング剤としては、周期表の第3族に属するホウ素、ガリウム等の元素と、周期表の第5族に属するリン、ヒ素等の元素が含まれる。ドーピング剤の濃度は、ドーピングされる合金1cm³当たり原子数 10^{18} ～ 10^{20} 個の範囲が一般に適當である。

この発明による半導体材料は一般に、改良された熱電効率を有し、また従来の熱電合金に比べて製造コストおよび稼働コストがより経済的である。

この発明による半導体材料は、たとえば触媒または非触媒燃料ガスバーナ等の種々の熱源と、熱

発生用および熱吸収用の両部材を含むヒートポンプとを具えた電気発生器を含む各種の熱電装置に使用することができる。さらにこの発明の半導体材料を使用することによって、熱電式の太陽熱タイルおよびヒートシンクが新たに実用化される。

これらの合金および半導体材料はその精確な組成によって、従来のものに比べて多くの利点を有している。たとえばゲルマニウムをほとんどまたは全く含まない合金および半導体材料は、従来のものに比べて一般に安価である。鉛を含む合金および半導体材料は、電気的特性を損なわずにシリコン-ゲルマニウム合金の選択値を2〜3上回るかなり低減された熱伝導率を有し、その結果これらの合金および半導体材料を使用することによって装置の熱伝導に起因した熱損失は実際上低減することとなる。さらにスズまたは鉛を含むが本質的にシリコンおよびゲルマニウムからなるこれらの合金および半導体材料は、ビスマス-テルル合金に比べて実際上高い動作温度を一般に有していて、たとえばビスマス-テルル合金として一般的

な上限動作温度が約200℃であるのに対して、

700〜800℃またはときには1000℃の上限動作温度を有している。その結果、熱電セルの高温側接合おける熱源としてより高い温度を使用できるため、実質的に高い電気発生効率をもたらす。そのためこの発明はまた、この発明のn型およびp型半導体材料を使った電気発生用の熱電セルに及び、そしてまたこの発明の半導体材料を使って適宜の外部電圧の適用に応じて熱を吸収または発生する熱電装置に及ぶ。

この発明のさらに他の特徴は、この発明による少なくとも1つのp型半導体と、この発明による少なくとも1つのn型半導体とを具え、前記p型半導体の一端と前記n型半導体の一端とは電気的に結合されて第1接点部材を有するp-n結合を形成し、前記p型半導体の他端と前記n型半導体の他端とはそれぞれ接点を介して負荷に接続可能となっていて、前記p-n結合に適用される熱エネルギーに応じて前記接点間に接続された負荷に電力が得られるようになった熱電装置にある。

好ましくは複数個のp-n結合が設けられ、各p型半導体とn型半導体とは電気的に直列に接続され、かつ物理的に並列に配置されて、封をなすp型半導体とn型半導体との間に電力が生じるようになっている。

この発明のさらに他の特徴は、熱エネルギー源とこの発明による熱電装置とを具え、前記熱エネルギー源からの熱エネルギーが前記熱電装置に適用されると前記接点間に電力が発生するようになった、熱エネルギーから電力を発生するための熱電エネルギー変換装置にある。

この発明のさらに他の特徴は、前記p-n結合をあらかじめ決められた温度に加熱し、熱電装置の接点を負荷を介して結合する、この発明による熱電装置を使って熱エネルギーを電気エネルギーに変化する方法にある。

適用される熱エネルギーは最高1000℃の温度である。

以下、図面を参照してこの発明を詳細に説明する。

第1図には、たとえばプロパンのような燃料用燃料ガスの炎等の熱源14を介して熱が適用されるホットエンド12を有する熱電セル10が示されている。熱電セル10はまた、負荷22が結合可能な電気出力用接点18、20を具えたコールドエンド16を有している。熱電セル10は、電気的に直列に接続され、かつ物理的に並列にしかも互いに間隔を隔てて配置されたn型半導体24、28およびp型半導体26、30を具えている。半導体24、26のホットエンド34および半導体28、30のホットエンド36は、熱抵抗がありかつ電気抵抗が小さい導体38によってそれぞれ結合され、導体38としては銅または適宜の低抵抗物質であってニッケル等の高い温度で使用可能なものを使うことができる。n型半導体24およびp型半導体30はコールドエンド40を有していて、その最外側の端部42、44は電気出力用の接点18、20に接続されている。

これらのコールドエンド40において、隣接したp型半導体26とn型半導体28とは銅製の導体46によって結合されている。

一対のn型半導体およびp型半導体を用いた図示の装置の作動時には、熱電セル10のホットエンド12が約600℃に加熱される一方、コールドエンド16は周囲温度または周囲温度よりわずかに高い約27℃に保たれ、その結果一対のp-n結合当り0.3ボルトで3ワットの出力電力が得られる。

第2図には、第1図のp型半導体とn型半導体とのp-n結合39を複数個用いた商業用の熱電セルが示されていて、第1図と同様の部分には同一の符号がついてある。p型半導体およびn型半導体はもちろん物理的に小型かつ軽量の構造に集合させることができる。熱源14はすべての導体38を加熱し、電力は図示の接点18、20から、または銅製の導体46に接した適宜の位置で取出すことができる。

第3図には、シリコンおよびゲルマニウムが50:50の合金における鉛の濃度と熱伝導率との関係が示されている。図中、曲線Aは鉛だけが合金に含まれたものであり、曲線Bは鉛の他に原子百分率で0.03%のスズが合金に含まれたものである。

第5図には、p型半導体およびn型半導体における合金の組成とホール移動度との関係が示されている。この図から、電子(n型)と正孔(p型)とでは移動度に差異のあることが理解され、またp型およびn型ともにシリコンの組成比が減少するにつれて移動度は一般に増大し、しかもn型の場合はシリコンの組成比が増大したときも移動度は増大することが理解される。このことは、導電率が下記のようにホール移動度に直接関係することから重要なことである。

σ_n を n 型の導電率とすると

$$\sigma_n = n e \mu_n \quad (1)$$

ここで μ_n は電子の移動度

σ_p を p 型の導電率とすると

$$\sigma_p = p e \mu_p \quad (2)$$

ここで μ_p は正孔の移動度

したがって、合金の組成は高いゼーベック係数を与える高い導電率に選定することができる。また等式(1)、(2)から、電子および正孔の濃度が増大するにつれて電子および正孔の移動度は減少する

曲線Aから明らかなように、鉛の濃度が約0.057%に達するまでは鉛の濃度の増大にしたがって熱伝導率が減少し、その後は鉛の濃度の増大にしたがって熱伝導率はわずかに増大する。曲線Bは最適曲線であって鉛の濃度が約0.04%で熱伝導率の最小値を示し、また曲線Aと曲線Bとを比較すると、鉛だけの場合に比べて鉛とスズとを混合した場合の方が熱伝導率はより小さいことが理解される。

第4図には、鉛の濃度が第3図で得られた0.057%のときの合金の組成と熱伝導率との関係が示されている。図中、曲線Aは(111)結晶方向に平行に成長した合金を使用したときのものであり、曲線Bは(111)結晶方向に垂直に成長した合金を使用したときのものであり、曲線Cは理論的曲線である。これらの曲線から明らかなように、シリコンの組成比が大きいとき熱伝導率はかなり小さい。しかしシリコンの濃度が30%以下において鉛の濃度が増大することによっても熱伝導率は減少する。

ことが明らかである。

第6図には、p型半導体およびn型半導体におけるシリコンの原子百分率と出力電力との関係が示されていて、出力電力は $S^2 \sigma$ で決定され、ここでSはゼーベック係数、 σ は導電率である。

この図から、シリコンが50%以下であるときシリコンの減少につれて電力は増大し、また約70%およびそれ以上であるときn型合金の出力電力が実質的に増大することが明らかである。したがって、大電力用としてシリコンの濃度が大きいかまたは小さいn型合金を使用できることが理解される。しかし、第4図のグラフからシリコンの濃度が小さいと熱伝導率が大きいことが明らかであるから、シリコンの濃度は大きい方が好ましいことが理解される。

第7図には、シリコンおよびゲルマニウムが50:50のp型合金における抵抗率と S^2 / ρ であらわされた出力電力との関係が示されている。抵抗率が増大するにつれて電力は減少するから、熱電材料からの出力電力をできるだけ大きくするため

2 ~ 2.5 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の抵抗率を使用することが望ましい。

第8図には、シリコンおよびゲルマニウムが50 : 50でかつ $2 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ の抵抗率を有するp型合金における温度とそれにともなう抵抗の変化率との関係が示されている。この図から、温度の上昇にともなう電気抵抗が直線的に増大して導電率に所望するのとは逆の効果を及ぼすことが明らかであるが、温度の上昇にともなう熱伝導率も減少してこれが電気抵抗の増大による前記逆の効果を相殺し、その結果ゼーベック係数がわずかに増大することとなる。

第9図には、原子百分率で0.057%の量の鉛を有するp型およびn型のシリコン-ゲルマニウム合金におけるシリコンの原子百分率と良度指数Zとの関係が示されている。良度指数Zは熱損失（熱伝導率）に対する電力 $S^2 \sigma$ の比であらわされ、また熱電材料の効率をあらわす。したがって良度指数Zはできるだけ大きいことが望ましい。第9図は、p型の効率はシリコンの割合にほとん

ど無関係である一方、n型の効率はシリコンの割合が50%を超えて増大すると急激に上昇することを示している。そのためこの図から、大きな良度指数Zにはn型の合金が好ましいことが理解され、このことはシリコンの割合が大きくなるにつれて熱伝導率が減少することをあらわす第4図とも一致している。

前述した第3~9図から、この発明による熱電装置は特殊な用途に適した熱電特性を有することが可能である。この合金は各種の技術を使って多結晶物質として製造することが可能であり、たとえば底が平坦なまたはテーパのついたるつぽを使って結晶の底部付近の核から結晶を成長させ、この結晶は成長するにしたがって一定の割合で下降して熱衝撃を最小にするようになったブリッジマンストックバーガー結晶成長法を使って製造することができる。固体化した結晶はあらかじめ決められた大きさの小片にカットされ、ダイヤモンド盤を使って整形されることとなる。

上述した熱電セルのn型半導体およびp型半導

体の実施例を下記に示す。

【実施例I (p型)】

シリコン20gと、ゲルマニウム22gと、鉛1.2gと、ホウ素7mgとを黒鉛のるつぽに入れ、これら混合物の融点1500℃よりわずかに高い温度まで加熱し、この温度を2時間以上保持した。できあがった熔融物をほぼ毎分2℃の一定割合で冷却させた。

できあがった固体のインゴットは、上述の熱電セルに使用するため個々のエレメントとなるように通常の方法によって機械加工した。

上記の量の鉛の正常な原子重量百分率は液相で0.58%である。しかし、液相から固相に遷移する際の鉛の実際の重量百分率は偏析係数によって決定される。この偏析係数は、液相から固相に入り込む鉛の原子の比である。この偏析係数は鉛については未だに測定されていないが、既に知られているスズの偏析係数が0.02であることと比較して、0.05の範囲内にあるものと信じられている。残りの鉛の原子は多結晶のインゴットの最優

の部分形成されるまで液相中に残留され、その後取除かれる。

実際の重量百分率は固相の合金のサンプルから測定することができ、偏析係数が約0.05の鉛の量は固相において原子百分率で0.03%の実際の鉛を生じさせる。

得られた半導体材料の特性は下記のとおりである。

$$\text{抵抗率: } \rho = 2.4 \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\text{密度: } D = 3.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$\text{熱伝導率: } K = 0.024 \text{ ワット} (\text{cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C})^{-1}$$

$$\text{ゼーベック係数: } S = 0.22 \text{ mV } ^\circ\text{C}^{-1}$$

【実施例II (n型)】

シリコン28gと、ゲルマニウム31gと、鉛1.8gとを大きな黒鉛のるつぽに入れ、これら混合物の融点1500℃まで昇温炉で加熱した。これと同時にリン100mgを小さな黒鉛のるつぽに入れてこれを前記大きなるつぽの底部付近に配置し、リンの蒸気が熔融合金の上方へ立昇るようにした。前記混合物を150分間前記温度に保持した。残ったリ

ンの熱気はその後排気し、できあがった混合物を毎分2℃の一定割合で冷却させた。

上記の量の鉛の正常な重量百分率は0.87%であるが、偏析係数を使用することによって実際の範囲百分率は0.044%となる。

得られたドーブ済みの合金のインゴットは、上述の熱電セル用のn型元素となるように通常の方法によって機械加工した。

得られた半導体材料は下記の特徴を有している。

熱伝導率： $K = 0.022 \text{ワット} (\text{cm}^2 \text{℃})^{-1}$

ゼーベック係数： $S = 0.28 \text{mV} \text{℃}^{-1}$

抵抗率： $\rho = 2.4 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}$

〔実施例Ⅱ (p型)〕

ゲルマニウム75gと、シリコン6gと、鉛2.5gとを実施例Ⅰで述べたようにして混合した。これと同時にホウ素6mgを加えて実施例Ⅰと同様の手順にしたがって処理した。得られた半導体材料は下記の特徴を有している。

熱伝導率： $K = 0.035 \text{ワット} (\text{cm}^2 \text{℃})^{-1}$

ゼーベック係数： $S = 0.3 \text{mV} \text{℃}^{-1}$

抵抗率： $\rho = 2.5 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}$

正孔移動度： $150 \sim 200 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{秒}$

〔実施例Ⅳ (n型)〕

実施例Ⅱで与えられた割合のシリコンとゲルマニウムと鉛とを前述と同様にして混合し、0.5gのヒ素を加えて実施例Ⅱ、Ⅲで述べた手順にしたがって処理した。最終的な原子重量百分率は概略を前述したのと同様に偏析係数に依存することが理解される。得られた半導体材料は下記の特徴を有している。

熱伝導率： $K = 0.035 \text{ワット} (\text{cm}^2 \text{℃})^{-1}$

ゼーベック係数： $S = 0.35 \text{mV} \text{℃}^{-1}$

抵抗率： $\rho = 2.5 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}$

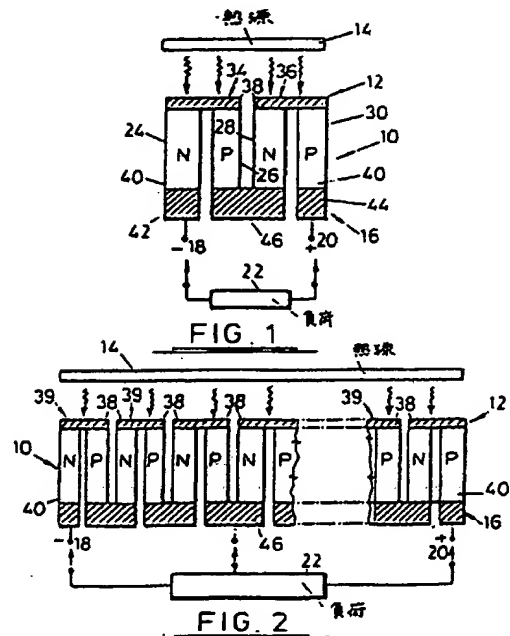
電子移動度： $200 \sim 250 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{秒}$

4. 図面の簡単な説明

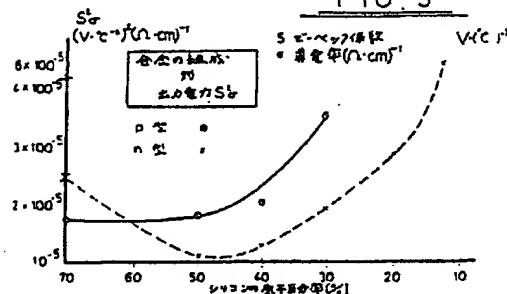
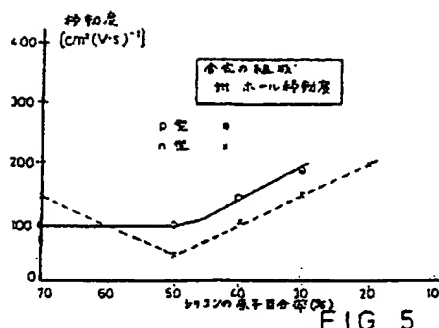
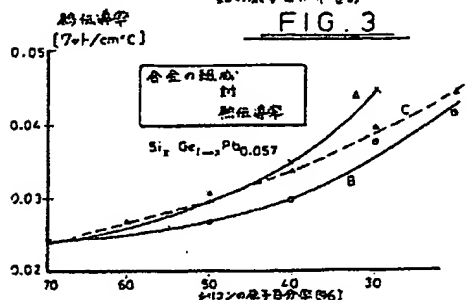
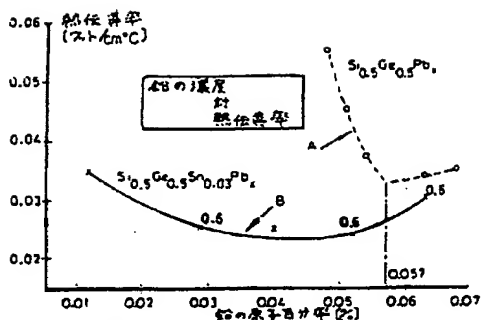
第1図はこの発明の一実施態様による一対のp-n結合を有する熱電装置を示す概略図、第2図はこの発明の他の実施態様による複数個のp-n結合を有する熱電装置を示す概略図、第3図はこの発明による合金における鉛の濃度と熱伝導率と

の関係を示すグラフ、第4図は鉛の濃度が0.057のときの合金の組成と熱伝導率との関係を示すグラフ、第5図はこの発明によるp型およびn型の熱電半導体材料における合金の組成とホール移動度との関係を示すグラフ、第6図はこの発明によるp型およびn型の熱電半導体材料における合金の組成と出力電力との関係を示すグラフ、第7図はこの発明の一実施態様によるp型合金における合金の抵抗率と電力との関係を示すグラフ、第8図はこの発明の一実施態様による温度とそれとともなう抵抗の変化との関係を示すグラフ、第9図は鉛の濃度が0.057のときのn型およびp型の熱電半導体材料における合金の組成と良度指数Zすなわち熱電効率との関係を示すグラフである。

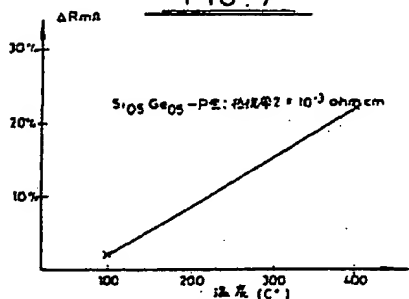
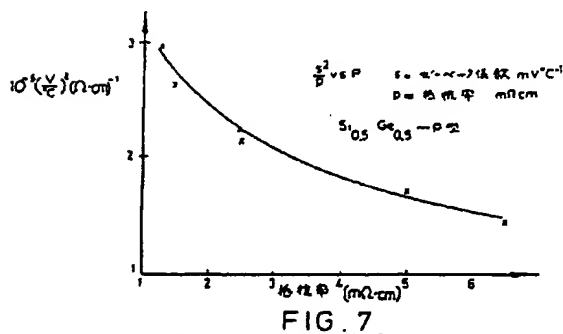
10…熱電セル、12、34、36…ホットエンド、14…熱源、16、40…コールドエンド、18、20…接点、22…負荷、24、28…n型半導体、26、30…p型半導体、38、46…導体、39…p-n結合、42、44…端部。



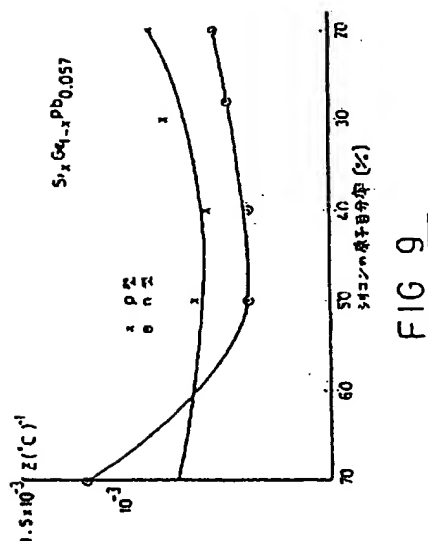
ザ ユニバーシティ コト オブ ザ ユニバーシティ オブ プラスゴク



ザ ユニバーシティ コト オブ ザ ユニバーシティ オブ グラスゴウ



ザ ユニバーシティ コト オブ ザ ユニバーシティ オブ グラスゴウ



ザ ユニバーシティ コト オブ ザ ユニバーシティ オブ グラスゴウ

手続補正書(自発)

昭和61年1月14日

特許庁長官 宇賀 道郎 殿

1. 事件の表示

昭和60年特許願第276672号

2. 発明の名称

熱電合金ならびにこれを用いた
熱電半導体材料および熱電装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

ザ ユニバーシティ コート オブ ザ ユニバーシティ
オブ グラスゴウ

4. 代理人

〒105 東京都港区西新橋1-18-14 小里会館

信和法律特許事務所

(7134) 弁理士 戸田 直典

電話03(508)7763 . (580)5617

5. 補正の対象

図面(第1~9図)、優先権証明書および同訳文

6. 補正の内容

- (1) 図面(第1~9図)を別紙のとおり補正します。
(2) 優先権証明書および同訳文を別紙の通り差出します。



7. 添付書類

- (1) 図面(第1~9図)
(2) 優先権証明書および同訳文

各 1 通

各 1 通式

並 査

